

Pneumatic braking system for motor vehicle with precise vacuum control

Veröffentlichungsnr. (Sek.) DE19505114
Veröffentlichungsdatum : 1996-08-22
Erfinder : BOEHM JUERGEN DR (DE); SEMSCH MARTIN (DE); BALZ JUERGEN (DE); BILL KARLHEINZ DR (DE)
Anmelder :: TEVES GMBH ALFRED (DE)
Veröffentlichungsnummer : ☐ DE19505114
Aktenzeichen:
(EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19951005114 19950213
Prioritätsaktenzeichen:
(EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19951005114 19950213
Klassifikationssymbol (IPC) : B60T8/44 ; B60T13/57 ; B60T13/52 ; B60T8/00
Klassifikationssymbol (EC) : B60T8/48B4D2, B60T13/72
Korrespondierende Patentschriften

Bibliographische Daten

A pneumatic braking system for a motor vehicle incorporating ABS/ASR control has a vacuum servo-amplifier (10) and tandem master cylinder (3) supplying the wheel cylinders (10 to 13), the servo being foot-pedal (4) operated via an electromagnetically activated control valve (19). In order to provide a smooth response during all operational phases of the system a vehicle retardation regulator (8) combines a non-linear regulating function having a 3-point characteristic with a linear-proportional integrating module. The resultant signal (SA) is compared with the actual position (SAist) of the magnetic armature operating the control valve (19) and the difference (W) generates an over riding correction (Y) via the position regular (18) independent of the foot pedal (4).

Daten aus der esp@cenet Datenbank - - I2

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl ungsschrift
⑩ DE 195 05 114 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 60 T 8/44
B 60 T 13/57
B 60 T 13/52
B 60 T 8/00

②1 Aktenzeichen: 195 05 114.9
②2 Anmeldetag: 13. 2. 95
④3 Offenlegungstag: 22. 8. 96

DE 195 05 114 A 1

⑦1 Anmelder:
ITT Automotive Europe GmbH, 60488 Frankfurt, DE

⑦2 Erfinder:
Böhm, Jürgen, Dr., 65558 Oberneisen, DE; Semsch, Martin, 64291 Darmstadt, DE; Balz, Jürgen, 65510 Hünstetten, DE; Bill, Karlheinz, Dr., 63303 Dreieich, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

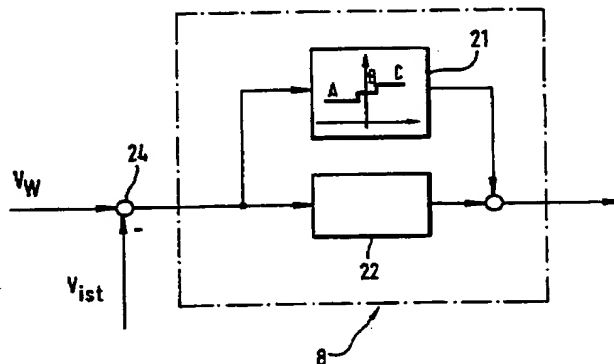
DE 43 32 838 C1
DE 42 08 496 C1
DE 43 24 688 A1
DE 43 24 205 A1
DE 43 01 336 A1
DE 40 34 847 A1
DE 35 17 850 A1

PICKENHAHN, Josef: Elektronisch geregelter
Bremskraftverstärker. In: ATZ Automobiltechnische
Zeitschrift 97, 1995, 1, S.36,37;

⑤4 Bremsanlage für Kraftfahrzeuge

⑤7 Es wird eine Bremsanlage für Kraftfahrzeuge vorgeschlagen, die einen pneumatischen Bremskraftverstärker aufweist, dessen Steuerventil durch einen Elektromagneten betätigbar ist.

Um eine komfortable, feine dosierbare Fremdbetätigung zu erreichen, sieht die Erfindung vor, daß der Verzögerungsregler (8) durch eine Parallelschaltung eines nichtlinearen Reglers (21) mit einer Dreipunkt-Kennlinie und eines linearen, ein integrierendes Verhalten aufweisenden Reglers (22) gebildet ist, wobei die möglichen Ausgangsgrößen des nichtlinearen Reglers (21) den Schaltstellungen des Steuerventils (19) entsprechen, daß die Ausgangsgröße (S_{AW}) des Verzögerungsreglers (8) der Position des Ankers (39) relativ zum Gehäuse (37) des Elektromagneten (20) entspricht, und daß dem Ist-Zustand des Steuerventils (19) entsprechende Wegsignal (S_{Aist}) die Ist-Position des Ankers (39) relativ zum Gehäuse (37) des Elektromagneten (20) repräsentiert. Dadurch werden "weiche" Fremdbremsvorgänge, insbesondere eine Realisierung definierter Druckhaltephasen ermöglicht.



DE 195 05 114 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Bremsanlage für Kraftfahrzeuge mit einer Betätigungseinheit, die aus einem pneumatischen Bremskraftverstärker sowie einem ihm nachgeschalteten Hauptbremszylinder besteht, an den Radbremsen angeschlossen sind, wobei das Steuerventil des Bremskraftverstärkers drei Schaltstellungen entsprechend einem Druckaufbau, einer Druckhaltephase sowie einem Druckabbau aufweist und unabhängig vom Fahrerwillen mittels eines Elektromagneten betätigbar ist, dessen Anker mit einem der Steuerventil-Dichtsitze in kraftübertragender Verbindung steht, mit einem Verzögerungsregler, dem als Eingangsgröße ein die Fahrzeugverzögerung repräsentierendes Signal zugeführt wird und dessen Ausgangsgröße die Position des Steuerventils beeinflusst und mit einem den Ist-Zustand des Steuerventils repräsentierenden Signal verglichen wird, wobei die dem Ergebnis des Vergleichs entsprechende Regeldifferenz einem die Position des Steuerventils beeinflussenden Lageregler zugeführt wird, dessen Ausgangsgröße einem dem Elektromagneten zuzuführenden elektrischen Strom entspricht.

Eine derartige Bremsanlage ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 43 24 205 A1 bekannt. Dem Verzögerungsregler der vorbekannten Bremsanlage wird als Eingangsgröße die Regeldifferenz aus einem Verzögerungswunschsignal sowie einem Verzögerungs-Istsignal zugeführt, die einer der Bremskraft proportionalen Größe (Bremskraftsoll bzw. -Istwert) entspricht. Als mögliche physikalische Größen kommen insbesondere der Bremsdruck, die im pneumatischen Bremskraftverstärker wirkende Druckdifferenz oder die Drehzahl mindestens eines Fahrzeugrades in Frage. Der Verzögerungsregler ist entsprechend der gewählten physikalischen Größe als Bremsdruckregler, pneumatischer Differenzdruckregler oder Radverzögerungsregler ausgeführt. Entsprechend der Regeldifferenz sowie dem geforderten Sollwertgradienten berechnet der Verzögerungsregler die gewünschte Position für den Anker des Elektromagneten, die einen direkten Einfluß auf den Öffnungszustand des Steuerventils des Bremskraftverstärkers hat.

Die Ausgangssignale des Verzögerungsreglers werden bei Berücksichtigung von sensorisch erfaßten Istwerten für die Ankerposition und den dem Elektromagneten zugeführten Strom in einem Positions- bzw. Lageregler weiterbearbeitet, dessen Ausgangsgröße die Stellgröße zur Ansteuerung des Elektromagneten darstellt.

Für eine "weiche" Fremdbremssung ist es erforderlich, daß z. B. im Falle einer Bremsdruckregelung jeder gewünschte Bremsdruck eingestellt werden kann, wodurch insbesondere die Realisierung definierter Druckhaltephasen sowie die Vorgabe verschiedener Druckaufbau- und -abbaugeschwindigkeiten notwendig wird (dosierte Haltephase des fremdeingesteuerten Betätigungszustandes). Die in der zum Stand der Technik zitierten DE 43 24 205 vorgeschlagene Vorgehensweise des wechselweisen Ein- und Ausschaltens des Elektromagneten ist praktisch nicht einsetzbar (Verschleiß der Mechanik, hochfrequenter Geräuschpegel, Realisierung definierter Haltephasen aufgrund der sich einstellenden Grenzyklen nicht gewährleistet). Zur erfolgreichen Realisierung der genannten Funktionen ist daher eine analoge und/oder digitale positionsproportionale Regelung des Elektromagneten erforderlich, die in der Lage sein muß, den Elektromagneten in jede beliebige Posi-

tion innerhalb seines oberen und unteren mechanischen Anschlags stabil und definiert zu bewegen.

Während der vorbekannten Positionsregelung des Elektromagneten treten insbesondere die folgenden Probleme auf:

1. Ein statisch nichtlineares Systemverhalten des Elektromagneten, bedingt durch den nichtlinearen, progressiven Zusammenhang zwischen der Magnetkraft und den Prozeßgrößen Magnetstrom sowie Ankerposition. Dadurch ergibt sich für den Elektromagneten eine strukturbedingte Instabilität.
2. Im allgemeinen hohe Dynamik, sowie schwache Systemdämpfung.
3. Die dem Elektromagneten beim Betätigen des Steuerventils entgegenwirkende Kraft (Steuerventilkennlinie) ist stark nichtlinear und darüber hinaus positions- und unterdruckabhängig. Nach dem Öffnen des Steuerventils vermindert sich diese Gegenkraft so stark, daß sie eine zusätzliche destabilisierende Wirkung auf den Elektromagneten ausübt.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Maßnahmen vorzuschlagen, die eine komfortable, fein dosierbare Fremdbremssung ermöglichen. Dies setzt eine Stabilisierung des Elektromagneten über den gesamten verfügbaren Positionsbereich voraus, die unabhängig von der Belastung erfolgen soll, die im wesentlichen durch die Kennlinie des Steuerventils des Bremskraftverstärkers gegeben ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Verzögerungsregler durch eine Parallelschaltung eines nichtlinearen Reglers mit einer Dreipunkt-Kennlinie und eines linearen, ein integrierendes Verhalten aufweisenden Reglers gebildet ist, wobei die möglichen Ausgangsgrößen des nichtlinearen Reglers den Schaltstellungen des Steuerventils entsprechen, daß die Ausgangsgröße des Verzögerungsreglers der Position des Ankers relativ zum Gehäuse des Elektromagneten entspricht, und daß das dem Ist-Zustand des Steuerventils entsprechende Wegsignal die Ist-Position des Ankers relativ zum Gehäuse des Elektromagneten repräsentiert.

Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen 2 bis 15 beschrieben.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung gehen aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung hervor, in der für einander entsprechenden Einzelteile gleiche Bezugszeichen verwendet werden.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsanlage in schematischer Darstellung;

Fig. 2 die Steuergruppe des pneumatischen Bremskraftverstärkers nach Fig. 1 im Axialschnitt, teilweise weggebrochen;

Fig. 3 ein Blockschaltbild des Verzögerungsreglers nach Fig. 1,

Fig. 4 ein Blockschaltbild einer ersten Ausführung des dem Verzögerungsregler nachgeschalteten Lagereglers nach Fig. 1, und

Fig. 5 ein Blockschaltbild einer zweiten Ausführung des dem Verzögerungsregler nachgeschalteten Lagereglers.

Die in Fig. 1 gezeigte erfindungsgemäße Bremsanla-

ge für Kraftfahrzeuge besteht im wesentlichen aus einer Betätigungseinheit 1, einem elektronischen Fahrzeugregler 6, Radbremsen 10, 11, 12, 13, einem zwischen Radbremsen 10 bis 13 und Betätigungseinheit 1 angeordneten Druckmodulator 9 sowie einem mit dem Fahrzeugregler 6 zusammenwirkenden ABS/ASR-Regler 7, der Steuersignale für den Druckmodulator 9 erzeugt. Jedem der nicht gezeigten Fahrzeugräder ist je ein Rad-sensor 14, 15, 16, 17, zugeordnet, dessen der Radgeschwindigkeit entsprechendes Steuersignal dem ABS/ASR-Regler 7 zugeführt wird. Die Betätigungseinheit 1 besteht ihrerseits aus einem mittels eines Betätigungs-pedals 4 betätigbaren pneumatischen Bremskraftverstärker, vorzugsweise einem Unterdruck-Bremskraft-verstärker 2, dem ein Hauptbremszylinder 3, vorzugsweise ein Tandemhauptylinder, nachgeschaltet ist, dessen nicht gezeigte Druckräume über hydraulische Leitungen 23, 27 mit dem Druckmodulator 9 in Verbindung stehen. An das Betätigungspedal 4 ist eine Betätigungsstange 5 angekoppelt, die eine Betätigung eines lediglich schematisch dargestellten Steuerventils 19 ermöglicht, das den Aufbau eines pneumatischen Differenzdruckes im Gehäuse des Unterdruck-Bremskraftverstärkers 2 steuert. Ein Elektromagnet 20 ermöglicht dabei eine Fremdbetätigung des Steuerventils 19.

Wie der Fig. 1 weiter zu entnehmen ist, ist dem Fahrzeugregler 6 ein zweiter elektronischer Regler (Verzögerungsregler) 8 nachgeschaltet, dem ein aufgrund eines beispielsweise von einem Abstandssensor gelieferten Eingangssignals E vom Fahrzeugregler 6 erzeugtes Verzögerungswunschsignal V_w zugeführt wird, das in einer (ersten) Vergleichsschaltung bzw. Subtraktionsstelle 24 mit einem Verzögerungs-Istwert V_{ist} verglichen wird, der von der Betätigungseinheit 1 geliefert wird. Die so entstehende Regeldifferenz wird dem Verzögerungsregler 8 zugeführt, dessen Ausgangssignal S_{AW} der gewünschten einzustellenden Lage bzw. Position des Ankers des das Steuerventil 19 betätigenden Elektromagneten 20 entspricht. Der Ankerposition-Sollwert S_{AW} wird in einer zweiten Vergleichsschaltung bzw. Subtraktionsstelle 25 mit einem am Steuerventil 19, beispielsweise mittels eines nicht gezeigten Wegsensors, ermittelbaren Steuerventilposition-Istwert S_{Aist} verglichen und die so entstehende Regeldifferenz W wird einem unterlagerten dritten Regler (Steuerventil-Lagerregler (18)) zugeführt, dessen Stellgröße Y der Ansteuerung des Elektromagneten 20 dient. Dabei ist es sinnvoll, wenn das Verzögerungswunschsignal V_w einem der Bremskraft entsprechenden Sollwert, beispielsweise einem Bremsdruckwert, entspricht. In diesem Fall entspricht der Verzögerungs-Istwert V_{ist} einem Druckwert, der im Hauptbremszylinder 3 mittels eines Drucksensors 26 erfaßt wird. Der dem dritten Regler 18 übergeordnete zweite Regler bzw. Verzögerungsregler 8 ist dann als Bremsdruckregler ausgebildet.

Wie insbesondere Fig. 2 zeigt, ist das Steuerventil 19 in einer im Gehäuse des Bremskraftverstärkers 2 abgedichtet geführten Steuergehäuse 40 untergebracht und besteht aus einem am Steuergehäuse 40 ausgebildeten ersten Dichtsitz 41, einem an einem mit der Betätigungsstange 5 verbundenen Ventilkolben 42 ausgebildeten zweiten Dichtsitz 43 sowie einem mit beiden Dichtsitzen 41, 43 zusammenwirkenden Ventilkörper 44.

Um eine von der Betätigungsstange 5 unabhängige Fremdbetätigung des Bremskraftverstärkers 2 einzuleiten, ist radial zwischen dem ersten (41) und dem zweiten Dichtsitz 43 ein dritter Dichtsitz 28 vorgesehen, der mittels des Elektromagneten 20 betätigbar ist, der vorzugs-

weise in einem durch eine axiale topfförmige Verlängerung des Ventilkolbens 42 gebildeten Gehäuse 37 angeordnet und demnach zusammen mit dem Ventilkolben 42 im Steuergehäuse 40 verschiebbar ist.

Der Elektromagnet 20 besteht aus einer auf einem innerhalb des Gehäuses 37 befestigten Führungsteil 38 aufgesteckten Spule 46 sowie einem darin verschiebbar angeordneten zylindrischen Anker 39, der mit einem Stift 45 unlösbar verbunden ist, der einerseits im Führungsteil 38 und andererseits in einem das Gehäuse 37 verschließenden Verschlussstück 47 geführt wird. Eine dem Anker 39 am Führungsteil 38 axial gegenüberliegend ausgebildete Polfläche kann dabei vorzugsweise als Außenkonus ausgeführt sein, um eine Linearisierung der Kraft-Weg-Charakteristik des Elektromagneten 20 zu erreichen. An seinem der Betätigungsstange 5 zugewandten Ende trägt der Stift 45 eine Kraftübertragungsplatte 48, die vorzugsweise rechteckig ausgebildet und in einer Radialnut 49 des Ventilkolbens 42 angeordnet ist und die eine Übertragung der vom Elektromagneten 20 aufgebrachten Fremdbetätigungskraft auf den dritten Dichtsitz 28 ermöglicht. Der dritte Dichtsitz 28 ist zu diesem Zweck an einer im Steuergehäuse 40 abgedichtet geführten Hülse 29 ausgebildet, die mit der Kraftübertragungsplatte 48 verbunden ist. Zwischen dem teilweise in das Verschlussstück 47 hineinragenden Anker 39 und dem Führungsteil 38 ist eine Druckfeder 51 angeordnet, die den Anker 39 in seiner Ausgangslage hält, in der der dritte Dichtsitz 28 gegenüber dem am Ventilkolben 42 ausgebildeten zweiten Dichtsitz 43 axial versetzt (s. Abstand b) angeordnet ist.

Bei einer durch Bestromen der Spule 46 eingeleiteten Fremdbremmung wird der Anker 39 entgegen der Kraft der Druckfeder 51 in der Zeichnung nach rechts verschoben, wodurch der dritte Dichtsitz 28 zunächst nach Überbrückung des Abstandes "b" an der Dichtfläche des Ventilkörpers 44 zur Anlage kommt. Durch diese Anlage wird der am Steuergehäuse 40 ausgebildete erste Dichtsitz 41 wirkungsmäßig überbrückt, so daß keine Verbindung zwischen den nicht gezeigten pneumatischen Kammern des Bremskraftverstärkers 2 mehr besteht. Anschließend bewegen sich der dritte Dichtsitz 28 und der Ventilkörper 44 zusammen weiter, wobei der zweite Dichtsitz 43 geöffnet und die belüftbare Kammer des Bremskraftverstärkers 2 belüftet wird. Die Bewegung des dritten Dichtsitzes 28 dauert so lange, bis der Anker 39 am Führungsteil 38 anschlägt und der Spalt "s" zwischen den beiden Teilen zu Null wird. Bei fehlender Betätigungskraft an der Betätigungsstange 5 läuft das Steuergehäuse 40 relativ zum Ventilkolben 42 um einen Weg vor, der dem Abstand "a" zwischen einem die Bewegung des Ventilkolbens 42 begrenzenden Querglied 52 und einer am Steuergehäuse 40 ausgebildeten Anschlagfläche 53 entspricht. Ursache hierfür ist eine Kolbenstangenrückholfeder 54, die über die Betätigungsstange 5 den Ventilkolben 42 nach rechts bewegt und versucht, den zweiten Dichtsitz 43 wieder zu schließen. Da sich aber der dritte Dichtsitz 28 aufgrund der festen Verbindung von Elektromagnet 20 und Ventilkolben 42 synchron mitbewegt, wird der Spalt zwischen dem Ventilkörper 44 und dem zweiten Dichtsitz 43 offengehalten, und zwar um das Maß s-b. Hierdurch wird die belüftbare Kammer des Bremskraftverstärkers 2 mit der Atmosphäre verbunden und es wird eine Bremskraft erzeugt.

Nach einem Ausschalten des Elektromagneten 20 bewegt sich der Anker 39 mit dem dritten Dichtsitz 28 unter der Wirkung der Feder 51 nach links, wodurch der

dritte Dichtsitz 28 geöffnet wird, während der Ventilkörper 44 den zweiten Dichtsitz 43 schließt. Da der erste Dichtsitz 41 — wie oben erwähnt — weiterhin offen bleibt, wird über die offene Verbindung zwischen den pneumatischen Kammern aus der belüftbaren Kammer die Atmosphäre abgesaugt, so daß der im Hauptbremszylinder 3 herrschende Druck abgebaut wird.

Über den offenen ersten Dichtsitz 41 wird die belüftbare Kammer solange entlüftet, bis die Steuergruppe in ihre Ausgangslage zurückkehrt und das Querglied 52 am Gehäuse des Bremskraftverstärkers 2 anschlägt. Das Steuergehäuse 40 kann sich solange bewegen, bis es auf der in der Zeichnung linken Seite des Querglieds 52 zur Anlage kommt und der erste Dichtsitz 41 geschlossen wird. Das Gerät ist dann in Lösestellung.

Der die Struktur des vorhin erwähnten Verzögerungs- bzw. Bremsdruckreglers 8 darstellenden Fig. 3 ist zu entnehmen, daß der Verzögerungsregler 8 durch eine Parallelschaltung eines nichtlinearen Reglers 21 sowie eines linearen Reglers 22 gebildet ist. Der nichtlineare Regler 21 weist dabei eine Dreipunkt-Kennlinie auf, die in dem diesen Regler darstellenden Block durch ein Diagramm angedeutet ist, das die Abhängigkeit des Betätigungsweges S_A des vorhin erwähnten Ankers 39 von der dem Verzögerungsregler 8 zugeführten Bremsdruck-Regeldifferenz $V_W - V_{ist} = \Delta p$ darstellt. Die einzelnen Abschnitte A, B und C der darin gezeigten Kennlinie entsprechen dabei vorzugsweise den einzelnen Schaltstellungen des Steuerventils 19 des Bremskraftverstärkers 2, die dem Druckabbau (Abschnitt A), der Druckhaltephase (Abschnitt B) und dem Druckaufbau (Abschnitt C) zugeordnet sind. Da die insbesondere den Abschnitten A und C entsprechenden Druckwerte von dem dem Bremskraftverstärker 2 zur Verfügung gestellten Unterdruck abhängig sind, dient der vorzugsweise ein proportional — integrierendes (PI-) Verhalten aufweisende lineare Regler 22 dem Ausgleich des vorhin erwähnten Unterdruckeinflusses und der Beeinflussung der Druckgradienten.

Fig. 4 und 5 zeigt zwei Möglichkeiten der Ausführung des dem Verzögerungsregler 8 nachgeschalteten Lagereglers 18. Bei der in Fig. 4 dargestellten Ausführung weist der Lageregler 18 eine Kaskadenstruktur auf, die im wesentlichen aus einem Regler zur Regelung der Ankergeschwindigkeit v_A (Geschwindigkeitsregler 30) sowie einem ihm nachgeschalteten Linearisierungsmodul 31 besteht. Die Aufgabe des Geschwindigkeitsreglers 30, dem als Eingangsgröße die in einer ersten Subtraktionsstelle 55 gebildete Regeldifferenz aus der die gewünschte Ankergeschwindigkeit v_{AW} repräsentierenden Ausgangsgröße eines ihm vorgeschalteten, vorzugsweise ein P-Verhalten aufweisenden Positionsreglers 32 sowie der Anker-Istgeschwindigkeit v_{Aist} zu geführt wird, besteht darin, die im wesentlichen durch die Steuerventil-Kennlinie bedingte Instabilität zu stabilisieren. Hierfür muß der Geschwindigkeitsregler 30 mindestens ein proportional-integrierendes (PI-) Verhalten aufweisen. Die dem Linearisierungsmodul 31 als erste Eingangsgröße zuzuführende Ausgangsgröße F_{MW} des Geschwindigkeitsreglers 30 entspricht der gewünschten, vom Elektromagneten 20 aufzubringenden Magnetkraft, während als zweite Eingangsgröße dem Linearisierungsmodul 31 das den Anker-Istweg repräsentierende Wegsignal S_{Aist} zugeführt wird. Die vorhin erwähnte Anker-Istgeschwindigkeit wird durch eine vorzugsweise analoge Differentiation des den Anker-Istweg repräsentierenden Signals in einer Differenzierstufe 50 ermittelt. Die Aufgabe des Linearisierungsmoduls 31, das ein

den Sollwert des dem Elektromagneten 20 zuzuführenden Ansteuerungsstromes r präsentierende Signal I_{MW} liefert, besteht in der Korrektur der Elektromagnet-Kennlinie $F_M = f(S_A, I_M)$ bzw. der Eliminierung der strukturbedingten Instabilität des Elektromagneten 20. Das Linearisierungsmodul 31 berechnet aufgrund der Sollmagnetkraft F_{MW} und des gemessenen Anker-Istweges S_{Aist} mit Hilfe eines Modells für $I_{MW} = f(S_A, F_{MW})$, den Sollwert I_{MW} für den dem Elektromagneten 20 zuzuführenden Strom, der erforderlich ist, damit sich die vorgegebene Magnetkraft einstellt. Von dem Strom-Sollwert I_{MW} wird in einer zweiten Subtraktionsstelle 56 der Istwert I_{Mist} des dem Elektromagneten 20 zugeführten Ansteuerungsstroms subtrahiert, der beispielsweise mittels eines Meßwiderstandes ermittelt wird. Die so entstehende Regeldifferenz wird als Eingangsgröße einem Stromregler 35 zugeführt, dessen Ausgangsgröße nach der Verstärkung in einem dem Stromregler 35 nachgeschalteten Leistungsverstärker 36 als Stellsignal Y der Ansteuerung des Elektromagneten 20 dient. Der Stromregler sollte dabei vorzugsweise ein proportional-integrierendes (PI-) Verhalten aufweisen.

Die Stabilisierung und damit die positionsproportionale Regelbarkeit des Elektromagneten 20 wird maßgeblich durch die Geschwindigkeitsregelung und die Linearisierung erreicht. Aufgrund der hohen Dynamik sowie der systembedingten Instabilität des unregelmäßigen Elektromagneten ist eine analoge oder zumindest quasianaloge (d. h. digital mit einer im Vergleich zur Dynamik des Elektromagneten wesentlich schnelleren Abtastzeit) Realisierung der Positionsregelung erforderlich. Zusätzlich ist eine Linearisierung der Kraft-Weg-Charakteristik des Elektromagneten durch die vorhin erwähnte geeignete Polgeometrie eine ebenfalls der Stabilisierung dienende Maßnahme, die zudem eine Vereinfachung der Reglerelektronik ermöglicht.

Die in Fig. 5 dargestellte Regelstruktur ermöglicht schließlich eine Positionsregelung mit Zustandsrückführung und Linearisierung. Zu diesem Zweck ist ein Positionsregler 34 vorgesehen, dessen Eingangsgröße durch die Regeldifferenz zwischen dem Anker-Soll- (S_{AW} bzw. S_{AWb}) und -Istweg S_{Aist} gebildet ist, wobei der Anker-Istweg mittels eines geeigneten Sensors erfaßt wird. Die Ausgangsgröße des vorzugsweise ein proportional-integrierendes (PI-) Verhalten aufweisenden Positionsreglers 34 stellt eine der Magnetkraft des Elektromagneten 20 proportionale Stellgröße Y_S dar, von der in einer ersten Subtraktionsstelle 57 ein Korrektursignal Y_R der Zustandsrückführung subtrahiert wird. Das Korrektursignal Y_R entsteht dabei durch Addition des in einem ersten Verstärkungsglied 60 mit einem ersten Verstärkungsfaktor A_1 multiplizierten, den Anker-Istweg repräsentierenden Wegsignals S_{Aist} sowie des in einem zweiten Verstärkungsglied 61 mit einem zweiten Verstärkungsfaktor A_2 multiplizierten, die Anker-Istgeschwindigkeit repräsentierenden Signals v_{Aist} in einer Additionsstelle 58. Die Funktionen-Linearisierung, Stromregelung und -verstärkung bleiben unverändert und wurden bereits erläutert.

Die Stabilisierung und damit die positionsproportionale Regelbarkeit des Elektromagneten 20 wird bei diesem Lösungsansatz maßgeblich durch die Positionsregelung, die Zustandsrückführung und die Linearisierung erreicht.

Um schließlich die maximale Änderung der Ausgangsgröße des Verzögerungsreglers 8 zu begrenzen, kann dem Lageregler 18 ein Anstiegsbegrenzungsmodul 49 vorgeschaltet sein (s. Fig. 4 und 5).

Bezugszeichenliste

1	Betätigungseinheit	
2	Bremskraftregler	
3	Hauptbremszylinder	
4	Betätigungs pedal	
5	Betätigungsstange	
6	Fahrzeugregler	
7	ABS/ASR-Regler	
8	Verzögerungsregler	10
9	Druckmodulator	
10	Radbremse	
11	Radbremse	
12	Radbremse	
13	Radbremse	
14	Radsensor	15
15	Radsensor	
16	Radsensor	
17	Radsensor	
18	Lageregler	20
19	Steuerventil	
20	Elektromagnet	
21	Dreipunkt-Regler	
22	linearer Regler	
23	Leitung	25
24	Subtraktionsstelle	
25	Subtraktionsstelle	
26	Drucksensor	
27	Leitung	
28	Dichtsitz	30
29	Hülse	
30	Geschwindigkeitsregler	
31	Linearisierungsmodul	
32	Positionsregler	
33	Linearisierungsmodul	35
34	Positionsregler	
35	Stromregler	
36	Leistungsverstärker	
37	Gehäuse	
38	Führungsteil	40
39	Anker	
40	Steuergehäuse	
41	Dichtsitz	
42	Ventilkolben	
43	Dichtsitz	45
44	Ventilkörper	
45	Stift	
46	Spule	
47	Verschlußteil	
48	Kraftübertragungsplatte	50
49	Anstiegsbegrenzungsmodul	
50	Differenzierstufe	
51	Feder	
52	Querglied	
53	Anschlagfläche	55
54	Kolbenstangenrückholfeder	
55	Subtraktionsstelle	
56	Subtraktionsstelle	
57	Subtraktionsstelle	
58	Additionsstelle	60
59	Subtraktionsstelle	
60	Verstärkungsglied	
61	Verstärkungsglied	

Patentansprüche

1. Bremsanlage für Kraftfahrzeuge mit
 - a) einer Betätigungseinheit, die aus einem

pneumatischen Bremskraftverstärker sowie einen ihm nachgeschalteten Hauptbremszylinder besteht, an den

b) Radbremsen angeschlossen sind,

c) wobei das Steuerventil des Bremskraftverstärkers drei Schaltstellungen entsprechend einem Druckaufbau, einer Druckhaltephase sowie einem Druckabbau aufweist und unabhängig vom Fahrerwillen mittels eines Elektromagneten betätigbar ist, dessen Anker mit einem der Steuerventil-Dichtsitz in kraftübertragender Verbindung steht,

d) mit einem Verzögerungsregler, dem als Eingangsgröße ein die Fahrzeugverzögerung repräsentierendes Signal zugeführt und dessen Ausgangsgröße die Position des Steuerventils beeinflußt und mit einem den Ist-Zustand des Steuerventils repräsentierenden Signal verglichen wird, wobei

e) die dem Ergebnis des Vergleichs entsprechende Regeldifferenz einem die Position des Steuerventils beeinflussenden Lageregler zugeführt wird, dessen Ausgangsgröße einem dem Elektromagneten zuzuführenden elektrischen Strom entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß

f) der Verzögerungsregler (8) durch eine Parallelschaltung eines nichtlinearen Reglers (21) mit einer Dreipunkt-Kennlinie und eines linearen, ein integrierendes Verhalten aufweisenden Reglers

(22) gebildet ist, wobei die möglichen Ausgangsgrößen des nichtlinearen Reglers (21) den Schaltstellungen des Steuerventils (19) entsprechen, daß

g) die Ausgangsgröße (S_{AW}) des Verzögerungsreglers (8) der Position des Ankers (39) relativ zum Gehäuse (37) des Elektromagneten (20) entspricht, und daß

h) das dem Ist-Zustand des Steuerventils (19) entsprechende Wegsignal (S_{Aist}) die Ist-Position des Ankers (39) relativ zum Gehäuse (37) des Elektromagneten (20) repräsentiert.

2. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lageregler (18) eine Kaskadenstruktur aufweist, die einen Regler zur Regelung der Geschwindigkeit (v_A) des Ankers (39) (Geschwindigkeitsregler (30)) enthält, dem ein Linearisierungsmodul (31) nachgeschaltet ist.

3. Bremsanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Geschwindigkeitsregler (30) ein proportionalintegrierendes (PI-)Verhalten aufweist.

4. Bremsanlage nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß dem Geschwindigkeitsregler (30) ein zweiter Regler zur Regelung der Ankerposition (Positionsregler (32)) vorgeschaltet ist, dessen Ausgangsgröße mit einem die Geschwindigkeit des Ankers (39) relativ zum Gehäuse (37) des Elektromagneten (20) repräsentierenden Signal (v_A) verglichen und dem Geschwindigkeitsregler (30) zugeführt wird.

5. Bremsanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsregler (32) ein proportionales (P-) Verhalten aufweist.

6. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß dem Linearisierungsmodul (31) als zweite Eingangsgröße das die Ist-Position

sition des Ankers (39) repräsentierende Wegsignal (S_{Aist}) zugeführt wird.

7. Bremsanlage für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lageregler (18) ein Linearisierungsmodul (33) enthält, dem als Eingangsgroßen ein die vom Elektromagneten (20) aufzubringende Kraft repräsentierendes Signal (F_M) sowie das die Ist-Position des Ankers (39) relativ zum Gehäuse (37) des Elektromagneten (20) repräsentierende Wegsignal (S_{Aist}) zugeführt werden. 5 10

8. Bremsanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Regler zur Regelung der Ankerposition (Positionsregler (34)) vorgesehen ist, von dessen Ausgangsgroße eine Korrekturgroße (Y_R) subtrahiert wird und das Ergebnis der Subtraktion als die vom Elektromagneten (20) aufzubringende Kraft (F_M) dem Linearisierungsmodul (33) zugeführt wird. 15

9. Bremsanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturgroße (Y_R) aus der Summe des mit einem ersten Verstärkungsfaktor (A_1) multiplizierten, die Ist-Position des Ankers (39) relativ zum Gehäuse (37) des Elektromagneten (20) repräsentierenden Wegsignals (S_{Aist}) sowie des mit einem zweiten Verstärkungsfaktor (A_2) multiplizierten, die Ist-Geschwindigkeit des Ankers (39) relativ zum Gehäuse (37) des Elektromagneten (20) repräsentierenden Signals (v_A) gebildet wird. 20 25

10. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Linearisierungsmodul (31, 33) ein dritter Regler zur Regelung des dem Elektromagneten (20) zuzuführenden elektrischen Stroms (I_M) (Stromregler (35)) nachgeschaltet ist, dessen Eingangsgroße durch die Regeldifferenz zwischen der Ausgangsgroße des Linearisierungsmoduls (31, 33) und dem Ist-Wert (I_{Mist}) des dem Elektromagneten (20) zugeführten Stroms gebildet ist. 30 35

11. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Stromregler (35) ein proportional-integrierendes (PI-) Verhalten aufweist. 40

12. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das die Ist-Geschwindigkeit des Ankers (39) repräsentierende Signal (v_{Aist}) durch zeitliche Differenzierung des die Ist-Position des Ankers (39) repräsentierenden Wegsignals (S_{Aist}) gebildet wird. 45

13. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Stromregler (39) ein Leistungsverstärker (36) nachgeschaltet ist. 50

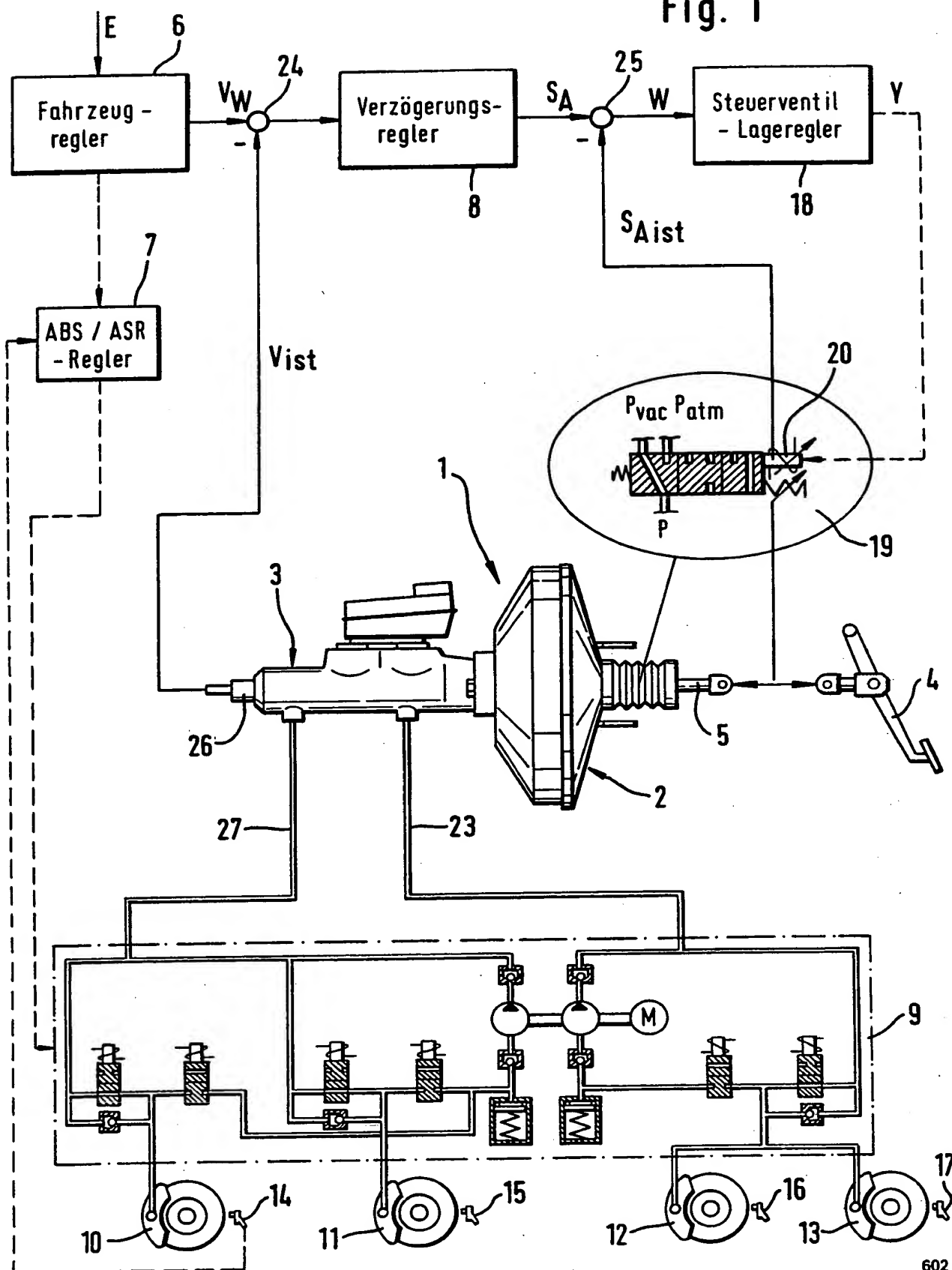
14. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Lageregler (18) ein Anstiegsbegrenzungsmodul (49) zur Begrenzung der maximalen Änderung der Ausgangsgroße des Verzögerungsreglers (8) vorgeschaltet ist. 55

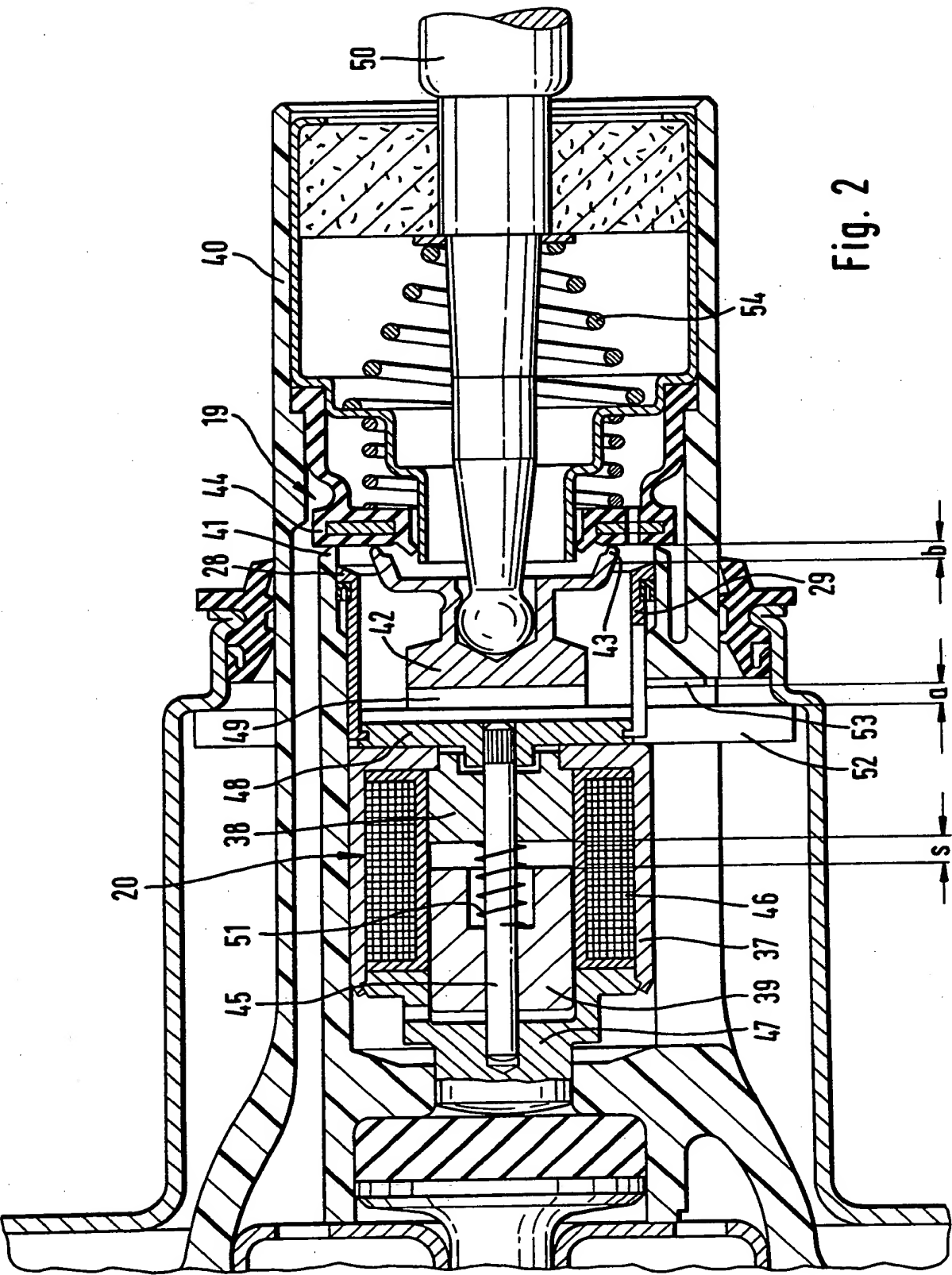
15. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein dem Anker axial gegenüberliegend angeordnetes, eine Spule des Elektromagneten teilweise tragendes Führungsteil vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Anker (39) zugewandte, am Führungsteil (38) ausgebildete Polfläche als Außenkonus ausgeführt. 60 65

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1





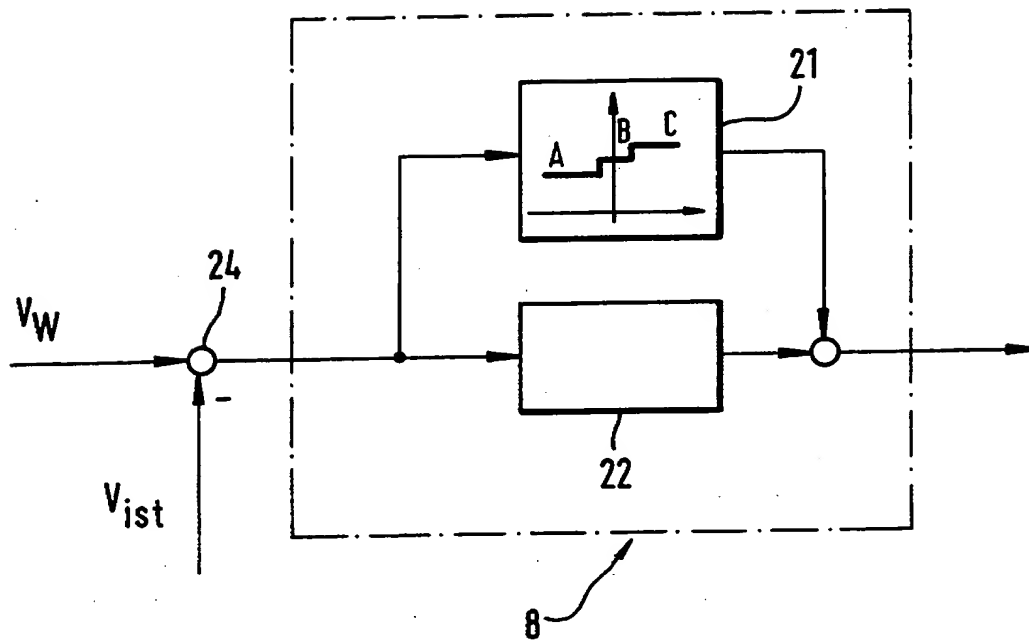


Fig. 3

Fig. 4

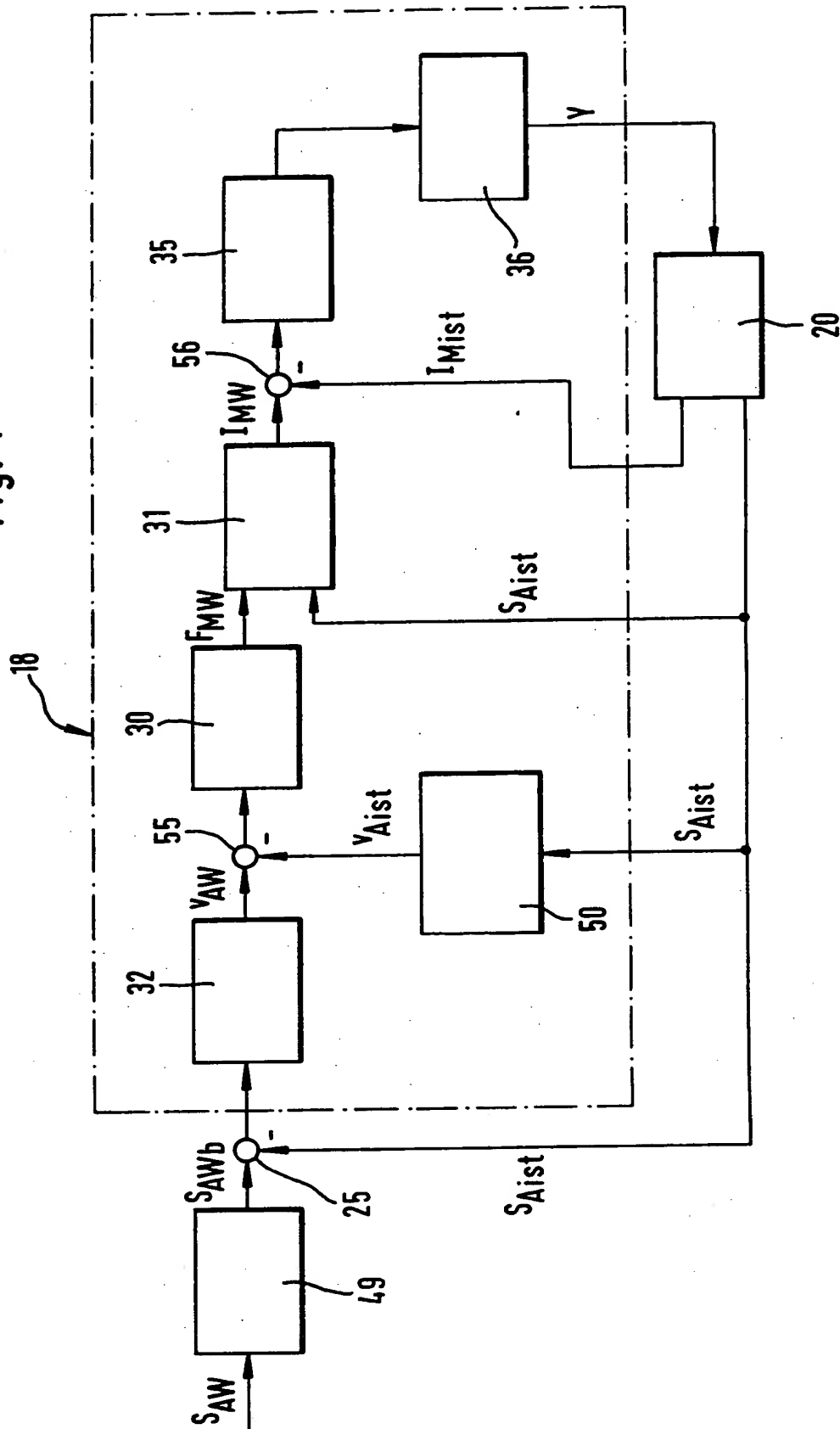


Fig. 5

